

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

90-летию со дня рождения моего учителя
М.М. Юзбашева посвящается

В.Н. Афанасьев

В работе рассматривается методология статистического анализа продовольственной безопасности как средство, дающее возможность количественно-качественной характеристики устойчивости национальной продовольственной системы. При этом автором акцентировано внимание на двух ее сторонах (из пяти, сформулированных в «Римской декларации по Всемирной продовольственной безопасности»): устойчивости, означающей, что национальная продовольственная система развивается в режиме расширенного воспроизводства; и способности национальной продовольственной системы минимизировать влияние погодных и иных колебаний на снабжение продовольствием населения всех регионов страны.

Устойчивость производства основных продуктов питания в границах Российской Федерации можно оценивать по результатам статистического анализа синхронности или асинхронности колебаний их производства в регионах РФ в условиях различий климатических характеристик во времени и пространстве. Автором была изучена динамика производства зерна на душу населения и ее колеблемость (волатильность) за 44 года во всех областях, краях и республиках РФ, которая, с одной стороны, отражает закономерность в обеспечении устойчивости национальной продовольственной системы, а с другой стороны, как и применительно к сельскому хозяйству в целом, – климатические колебания. Предлагается система статистических показателей оценки уровня и динамики устойчивости производства при различных формах тенденций (трендов). Показатели устойчивости тенденций свидетельствуют также о наличии циклов (устойчивости цикла).

Ключевые слова: продовольственная безопасность, устойчивость производства, статистические показатели устойчивости производства, асинхронность уровней производства, цикличность динамики.

JEL: Q11, Q54, C11, C18.

Введение

Продовольственную безопасность следует считать элементом национальной безопасности государства. Продовольственная безопасность является одной из главных целей аграрной и экономической политики любой страны. В своем общем виде она формирует вектор движения национальной продовольственной системы к идеальному состоянию. В этом смысле стремление к продовольственной безопасности является непрерывным процессом. При этом для ее достижения возможны совершенно новые механизмы реализации аграрной политики. Вместе с тем использование новых механизмов должно быть основано на реальных климатических условиях регионов и оптимальных дополнительных вложениях, обеспечивающих занятость населения.

Элементами продовольственной безопасности соответственно «Римской декларации по всемирной продовольственной безопасности» являются:

1. Устойчивость, означающая, что национальная продовольственная система развивается в режиме расширенного воспроизводства.
2. Способность национальной продовольственной системы минимизировать влияние погодных и иных колебаний на снабжение продовольствием населения всех регионов страны.
3. Автономность и экономическая самостоятельность национальной продовольственной системы (продовольственная независимость).
4. Экономическая доступность к продовольствию должного объема и качества всех социальных групп населения.
5. Физическая доступность достаточной в количественном отношении безопасной и питательной пищи.

Афанасьев Владимир Николаевич (vafanassyev@gmail.com) – д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой статистики и эконометрики Оренбургского государственного университета.

Следовательно, *продовольственную безопасность* представляют как комплекс мер, призванных системно и эффективно решать задачи развития не только производства, хранения и переработки, но и справедливого распределения основных продуктов питания, а также социального развития сельской местности.

В задачи исследования входили в основном первые два элемента продовольственной безопасности.

Разнообразие и изменение климатических условий сельскохозяйственного производства в формировании устойчивого рынка продовольствия

Наши предложения по учету синхронности колебаний уровней производства для создания устойчивого рынка продовольствия тесно связаны и с изменением климата. Изменения климата соответственно требуют изменения структуры сельского хозяйства (растениеводства, животноводства, перерабатывающих производств, инфраструктуры и т. п.). Для принятия управленческих решений по учету синхронности колебаний по территориям следует иметь в виду и возможность дрейфа районов синхронных колебаний уровней урожайности (РСКУ) сельскохозяйственных культур из-за изменения структуры посевов, так как каждая культура индивидуальна по срокам посева и, соответственно, по требованиям к климатическим условиям вегетации. Таким образом, важность изучения изменения климата не вызывает сомнения.

Проблема изучения интенсивности изменения климата становится особенно актуальной еще и потому, что в настоящее время не разработана методика количественной меры изменения климата местности. Это не позволяет объективно оценить возможность сельхозпроизводителей данной территории, формировать соответствующие технологии и организацию производства. В наших исследованиях [2] изменения климата предлагается измерять через исследование динамики урожайности сельскохозяйственных культур. При этом влияние климатических факторов на урожайность культур разбивается на две группы: общее изменение климата местности и случайный характер изменения погодных условий по годам.

Динамика общего изменения климата устанавливалась с учетом основных урожаеобразующих факторов (запас продуктивной влаги на метровом

слое почвы по месяцам, высота снежного покрова в январе, количество осадков по месяцам и др.), объясняющих 96% колебаний урожайности. Полученный динамический ряд состояния погодных условий использовался нами для расчета динамики изменения климата местности, который в определяющей степени зависит от многоуровневой цикличности солнечной активности. Современное состояние сельского хозяйства, а точнее, близкое к полному отсутствию влияния человека на процессы произрастания сельскохозяйственных культур, позволило нам в более «чистом» виде рассмотреть процессы в изменении погодных условий.

Применение агрегирования показателей колеблемости производства по причине различий климатических условий, в целях создания устойчивого агропродовольственного рынка на региональном и межрегиональном уровнях может рассматриваться как чисто формальная, статистическая проблема соотношения колеблемости и устойчивости уровней любого признака у отдельных единиц совокупности и для совокупности в целом. При этом безразлично, о каком признаке идет речь - урожайности, продуктивности, рентабельности (например, при создании агрокорпораций), о какой совокупности - это может быть совокупность фермерских хозяйств, личных подсобных хозяйств, муниципальных образований в области, областей в крупном регионе и регионов в РФ, государств в мире (в ВТО). Вместе с тем проблема устойчивости производственных характеристик на высоком уровне (совокупность, регион, страна) нами не сводится к чисто математической проблеме частичного погашения колебаний при агрегировании единиц совокупности (организаций, регионов, областей).

Если рассматривать Российскую Федерацию в целом, то следует отметить, что в ходе длительного совместного развития российских регионов сложилось определенное общественное разделение труда между ними и их отраслевая специализация в рамках единого хозяйственного комплекса страны. Это объективно обусловило в каждом из регионов высокую долю продукции, производимой для других регионов и получаемой из них. В последние годы связи в какой-то мере утрачены, да и традиции потеряны, все стремились установить торговые отношения с зарубежными государствами, при этом часто закупая некачественную, но дешевую продукцию. На наш взгляд, целесообразнее, изучив возможности природно-

климатического потенциала всех регионов России, оптимизировать сначала свой внутренний рынок по основным продуктам питания, а затем в ВТО (без санкций) стать конкурентоспособными продавцами, обеспечив работой жителей РФ.

Разнообразие природно-климатических условий регионов России позволяет предположить возможность размещения производства по территории таким образом, чтобы, например, недоборы урожаев в одних регионах компенсировались высокими урожаями в других. Постоянство границ регионов, а точнее районов синхронных

колебаний, соблюдается в среднем за ряд лет. Нами исследовалась динамика производства зерна на душу населения и ее колеблемость (волатильность) за 44 года во всех областях, краях и республиках РФ. Производство зерна взято потому, что оно является основополагающим фактором и для производства молока и мяса, так как обеспеченность кормами определяет их объемы, а также то, что год, неблагоприятный для зерновых культур, чаще всего неблагоприятен для пастбищ и сенокосов, то есть уровень производства зерна является индикатором климатических условий.



Рисунок. Обеспеченность населения регионов РФ зерном (в процентах) (норма полного обеспечения 1000 кг/чел.)

Существует асинхронность в колебаниях производства зерна в Тульской и Калининградской областях; Томской и Тамбовской, Новгородской, Псковской областях; Самарской и Челябинской областях; Оренбургской области и Республике Бурятия; Астраханской и Рязанской областях.

Анализ данных, характеризующих тесноту связи по РСК, позволяет сделать вывод о наличии в России пяти крупнейших районов синхронности колебаний производства зерна. Средний коэффициент корреляции по всем районам синхронных колебаний превышает 0,7, что подтверждает тесную связь колебаний внутри РСК. Имеют синхронные колебания такие удаленные друг от друга регионы, как Архангельская и Тюменская,

Воронежская и Челябинская области, Приморский край и Белгородская область.

При совершенствовании размещения государственных заказов (в дальнейшем - квот) по территории России важно учитывать среднее производство зерна на человека для поддержания необходимого воспроизводственного баланса в целом по стране. Полученные нами результаты анализа синхронности и асинхронности колебаний производства зерна на душу населения могут использоваться в системе государственного регулирования агропродовольственного рынка для снижения риска нестабильности рынка продовольствия, продовольственной безопасности РФ.

На наш взгляд, методика и сам результат определения регионов с синхронными и асинхронными

колебаниями производства продукции имеют несомненный интерес для коммерческих структур в поисках рынка сбыта и закупки сравнительно недорогого продовольствия. Политическими являются результаты проведенного исследования для населения, проживающего как в регионах с дефицитным производством, так и с избыточным. Важным является и то, что при размещении заказов (квот) федеральные и региональные государственные и коммерческие структуры должны учитывать, кроме асинхронности колебаний производства, устойчивость и цикличность производства в регионах - предполагаемых партнерах. Система показателей устойчивости производства продукции представлена ниже.

Система статистических показателей в комплексной оценке колеблемости (волатильности) и устойчивости динамики производства

Создание устойчивого продовольственного рынка как в Российской Федерации, так и в мире в целом требует от статистической науки разработки показателей, определяющих устойчивость производства продукции с двух позиций - устойчивости уровней производства и устойчивости тенденции (воспроизводства).

Наиболее простым, аналогичным размаху вариации при измерении устойчивости уровней временного ряда является размах колеблемости (волатильности) средних уровней за благоприятные и неблагоприятные, в отношении к изучаемому явлению, периоды времени:

$$R_{\bar{y}} = \bar{y}_{\text{благ}} - \bar{y}_{\text{неблаг}}. \quad (1)$$

Причем к благоприятным периодам времени относятся все периоды с уровнями выше тренда, к неблагоприятным - ниже тренда (например, при изучении динамики производительности труда).

Отношение средних уровней за благоприятные периоды времени к средним уровням за неблагоприятные периоды $\bar{y}_{\text{благ}} \div \bar{y}_{\text{неблаг}}$ также служит показателем устойчивости уровней. Чем результат отношения ближе к единице, тем меньше колеблемость (волатильность) и соответственно выше устойчивость. Этот показатель назван индексом устойчивости уровней динамических рядов и обозначен: $i_{\bar{y}} = \frac{\bar{y}_{\text{благ}}}{\bar{y}_{\text{неблаг}}}$ или $i_{\bar{y}} = \frac{\bar{y}_{\text{б}}}{\bar{y}_{\text{н}}}$ - отношение средней уровней выше тренда к средней уровней ниже тренда (при тенденции роста).

При измерении колеблемости (волатильности) уровней исчисляются обобщающие показатели отклонений уровней от тренда за исследуемый период.

Основными абсолютными показателями являются среднее линейное и среднее квадратическое отклонения.

Среднее линейное отклонение:

$$d(t) = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \tilde{y}_i|}{n - p}; \quad (2)$$

среднее квадратическое отклонение:

$$S_y(t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{n - p}}, \quad (3)$$

где y_i - фактический уровень; \tilde{y}_i - выравненный уровень; n - число уровней; p - число параметров тренда; t - номера лет (знак отклонения от тренда).

Эти показатели выражаются в единицах измерения анализируемых уровней и не могут служить для сравнения колебаний различных динамических рядов. Сравнение средних линейных и средних квадратических отклонений по базам скользящего при многократном аналитическом выравнении дает информацию о снижении или повышении устойчивости уровней за период исследования. Аналитическое выравнение $d(t)$ и $S_y(t)$, расчет параметров уравнения их трендов позволяют определить количественные характеристики изменения абсолютной колеблемости (волатильности) во времени - среднегодовое изменение, темп изменения. Снижение колеблемости (волатильности) во времени будет равнозначно повышению устойчивости уровней.

Для характеристики устойчивости (неустойчивости) С. Оффат и Д. Бланфорд рекомендуют следующие показатели [9]:

1. Процентный размах (Percentage Range) - PR:

$$R = W_M - W_m, \quad (4)$$

где $W_M = \max(W_2 \dots W_{t-1})$; $W_m = \min(W_2 \dots W_{t-1})$;

$$W_t = \frac{|X_t - X_{t-1}|}{X_{t-1}} \times 100, t = 1, \dots, n.$$

PR оценивает разность между максимальным и минимальным относительными приростами в процентах.

2. Показатель Moving Average (скользящие средние) - *МА* оценивает величину среднего отклонения от уровня скользящих средних:

$$MA = \frac{\sum_{t=r+1}^{n-r} \left[\frac{x_t - x_{t-r}}{x_t} \right]}{n+1-m},$$

$$X_t = \frac{\sum_{i=t-r}^{t+r} x_i}{m}, \quad (5)$$

где $r = \frac{m-1}{2}$, m - период скользящей средней.

3. Среднее процентное изменение (Average Percentage Change - *APC*) оценивает среднее значение абсолютных величин относительных приростов и квадратов относительных приростов:

$$APC = \frac{\sum_{t=2}^n \left[\frac{X_t - X_{t-1}}{\max(X_t - X_{t-1})} \right]^2}{n-1} \times 100. \quad (6)$$

Оффат и Блэндфорд, анализируя вышеперечисленные коэффициенты, отмечают их хорошую согласованность относительно коэффициента Спирмена.

Относительные показатели колеблемости (волатильности), чаще всего используемые в статистике, вычисляются делением абсолютных показателей на средний уровень за весь изучаемый период:

- коэффициент линейной колеблемости (волатильности)

$$V_y^d(t) = \frac{d_y(t)}{\bar{y}}; \quad (7)$$

- коэффициент колеблемости (волатильности)

$$V_y(t) = \frac{S_y(t)}{\bar{y}}, \quad (8)$$

где \bar{y} - средний уровень ряда.

Эти показатели отражают величину колеблемости (волатильности) в сравнении со средним уровнем ряда. Они необходимы для сравнения колеблемости (волатильности) двух различных явлений и чаще всего выражаются в процентах. Если $V_y(t)$ - коэффициент колеблемости (волатильности), то величину $(100 - V_y(t))$ (обозначим его K_y) называют коэффициентом устойчивости. Такое определение коэффициента устойчивости

интерпретируется как обеспечение устойчивости уровней ряда относительно тренда лишь в $(100 - V_y(t))$ случаях. Если K_y составил 0,9, то это означает, что среднее колебание составляет 10% среднего уровня. Однако вероятность того, что отдельное колебание (то есть отклонение от тренда в отдельном периоде времени) не превзойдет средней величины колебаний $S_y(t)$, составляет лишь 0,68, если распределение колебаний по их величине близко к нормальному. Например, коэффициент колеблемости (волатильности) урожайности пшеницы в Канаде за 1980-2006 гг. составил 15,2%, следовательно, коэффициент устойчивости уровней равен 84,8%.

Наиболее простым показателем устойчивости тенденции временного ряда, предложенным и обоснованным нами впервые в 1983 г., является коэффициент Спирмена [4]:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n^3 - n}, \quad (9)$$

где d_i - разность рангов уровней изучаемого ряда (P_y) и рангов номеров периодов или моментов времени в ряду (P_j); n - число таких периодов или моментов.

Для определения коэффициента Спирмена величины уровней изучаемого явления y_i нумеруются в порядке возрастания, а при наличии одинаковых уровней им присваивается определенный ранг, равный частному от деления суммы рангов, приходящихся на эти значения, на число этих равных значений. При наличии дробных рангов необходима поправка к формуле Спирмена:

$$K_p = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d^2 - A}{n^3 - n - 12A}, \quad (10)$$

где $A = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^m (A_j^3 - A_j)$; j - номера связок по порядку; A_j - число одинаковых рангов в j -й связке (число одинаковых уровней).

При малой вероятности совпадения уровней и достаточном их числе эта поправка несущественна.

Коэффициент рангов (K_p) периодов времени и уровней динамического ряда может принимать значения в пределах от 0 до ± 1 . Интерпретация этого коэффициента такова: если каждый уровень ряда исследуемого периода выше, чем предыдущего, то ранги уровней ряда и номера лет совпа-

дают, $K_p = +1$. Это означает полную устойчивость самого факта роста уровней ряда, непрерывность роста.

Чем ближе K_p к +1, тем ближе рост уровней к непрерывному, выше устойчивость роста. При $K_p = 0$ рост совершенно неустойчив. При отрицательных значениях K_p чем ближе к -1, тем устойчивее снижение изучаемого показателя. В рассмотренном ранее ряду динамики урожайности пшеницы в Канаде за 1980-2006 гг. коэффициент Спирмена составил +0,66.

Коэффициент устойчивости роста K_p можно получать и по другой формуле:

$$K_p = \frac{12 \sum_{i=1}^n P_{ii} \times P_{yi}}{n^3 - n} - \frac{3(n+1)}{n-1}. \quad (11)$$

Этот вариант расчета несколько сокращает вычисления. Коэффициент Спирмена здесь применен в совершенно новой функции, и его нельзя трактовать как «меру связи» изучаемого явления со временем. Преимуществом коэффициента корреляции рангов, как показателя устойчивости, является то, что для его вычисления не требуется аналитическое выравнивание динамического ряда - сложная и чреватая ошибками стадия анализа динамики.

Следует иметь в виду, что даже при полной (100%-ной) устойчивости роста (снижения) в ряду динамики может быть колеблемость (волатильность) уровней, и коэффициент их устойчивости будет ниже 100%. При слабой колеблемости (волатильности), но еще более слабой тенденции, напротив, возможен высокий коэффициент устойчивости уровней, но близкий к нулю коэффициент устойчивости изменения. Например, коэффициент устойчивости уровней производства зерна в России за 1985-2006 гг. составил 0,637, а коэффициент устойчивости (снижения) тренда - только 0,568. Устойчивого тренда нет.

Обычно эти показатели изменяются совместно, большая устойчивость уровней наблюдается при большей устойчивости изменения.

Недостатком K_p - коэффициента устойчивости роста, на наш взгляд, является его слабая чувствительность к изменениям скорости роста уровней ряда, он может показать устойчивый рост при незначительно отличающихся от нуля приростах уровней.

В качестве характеристики устойчивости изменения следует применять индекс корреляции:

$$J_r = \sqrt{1 - \frac{(y_i - \tilde{y}_i)^2}{(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (12)$$

где y_i - уровни динамического ряда; \bar{y} - средний уровень ряда; \tilde{y}_i - теоретические уровни ряда.

Индекс корреляции показывает степень сопряженности колебаний исследуемых показателей с совокупностью факторов, изменяющих их во времени. Приближение индекса корреляции к единице означает большую устойчивость изменения уровней динамического ряда.

Сравнение индексов корреляции по разным показателям возможно лишь при условии равенства числа уровней. Так, с ростом длины периода при том же среднем приросте (b_y), той же абсолютной ($S_y(t)$) и относительной колеблемости (волатильности) ($V_y(t)$) он автоматически увеличивается из-за накопления изменений за счет тренда.

Важное место в анализе колебаний и устойчивости динамики как комплексного явления занимают *комплексные статистические показатели*. Сущность комплексных показателей заключается в определении их не через уровни динамического ряда, а через показатели их динамики. Так, М.С. Каяйкиной и М.М. Юзбашевым был предложен один из таких показателей: отношение среднего прироста линейного тренда $\tilde{y}_i = a + bt$, то есть параметра b к среднему квадратическому отклонению уровней от тренда, то есть $S_y(t)$, - показатель $K = b \div S_y(t)$ [5].

Чем больше величина K , тем менее вероятно, что уровень ряда в следующем периоде будет меньше предыдущего. Например, если считать, как и ранее, что распределение колебаний близко к нормальному, то при $K = 1$ вероятность того, что отклонение от тренда будет не больше прироста (по модулю), составляет $F(1) \approx 0,68$. Поскольку отклонения от тренда разных знаков одинаково вероятны, можно сказать, что вероятность того, что уровень следующего года (месяца, дня) будет ниже, чем предыдущего, составит $0,5 - F(t) \div 2 = 0,5 - 0,34 = 0,16$. Если же показатель K составляет только 0,25, то вероятность снижения уровня следующего периода по сравнению с предыдущим составит $0,5 - F(0,25) = 0,5 - 0,1974 \div 2 = 0,4013$. При отрицательном b вероятность снижения уровня становится больше 0,5. Так, если $b = -0,4S_y(t)$, то есть $K = -0,4$, имеет место вероятность снижения следующего уровня:

$$0,5 - F(-0,4) \div 2 = 0,5 + F(0,4) \div 2 = 0,5 + 0,3108 \div 2 = 0,6554.$$

Как видим, при $K = -0,4$ тенденция снижения уровней еще довольно неустойчива.

Показатели такого же рода для экспоненциального и параболического трендов представлены в наших исследованиях в следующей последовательности.

Основным параметром, характеризующим динамику по экспоненте, служит средний темп роста (коэффициент роста уровней в разгах) k уравнения экспоненты: $\tilde{y}_i = ak^i$; k - величина отвлеченная, причем всегда положительная (знакопеременные уровни здесь не рассматриваются). Недопустимо сопоставлять темпы с абсолютным показателем колеблемости (волатильности) $S_y(t)$, логично сравнить темпы роста уровней по экспоненциальному тренду с темпами изменения колеблемости (волатильности). Для этого необходимо построить динамический ряд величин $S'_y(t)$ хотя бы скользящим способом и выравнять его тоже по экспоненте, чтобы определить величину среднегодового темпа (в разгах) величины колебаний, то есть показатель $K_{S_y(t)}$. Так как для одноразового надежного вычисления показателя колеблемости (волатильности) надо иметь не менее 11-15 уровней, то для получения динамического ряда $S_y(t)$ и его среднегодового темпа изменения необходим динамический ряд исходных уровней значительной длины - не менее 11-15 плюс еще 9-11, то есть более 20 уровней, а лучше около и более 30. Далеко не всегда можно получить такой длинный ряд достаточно однокачественных уровней с единым трендом.

Сопоставляя темпы роста уровней ряда с темпами изменения колеблемости (волатильности), получим «показатель опережения»:

$$O_{k\alpha} = \frac{\bar{k}}{\bar{k}_{S_y(t)}}. \quad (13)$$

Если $O_{k\alpha} > 1$, то это свидетельствует о том, что уровни ряда в среднем растут быстрее колебаний (или снижаются медленнее колебаний). В таком случае, как понятно без доказательства, коэффициент колеблемости (волатильности) уровней будет снижаться, а коэффициент устойчивости уровней повышаться. Если $O_{k\alpha} < 1$, то наоборот, колебания растут быстрее уровней тренда и коэффициент колеблемости (волатильности) растет, коэффициент устойчивости уровней снижается.

Таким образом, величина $O_{k\alpha}$ определяет направление динамики коэффициента устойчивости уровней.

Параболический тренд: $\tilde{y}_i = a + bt_i + ct_i^2$ имеет два динамических параметра: среднегодовой прирост b и половину ускорения прироста c . Величина b в параболе не является константой, и для построения показателей комплексной устойчивости W нужно взять среднюю за весь ряд величину \bar{b} . В остальном интерпретация та же, что и для прямой. Второй показатель - половину ускорения c или ускорение прироста $2c$ - логично сопоставлять уже не с самой величиной колеблемости (волатильности) $S_y(t)$, а с ее среднегодовым приростом $b_{S_y(t)}$, полученным по достаточно длинному ряду путем выравнивания показателей $S_y(t)$, скользящих или следующих друг за другом. Имеем показатель

$$O_c = \frac{2c}{b_{S_y(t)}}. \quad (14)$$

Интерпретация показателя O_c такова: если $O_c > 1$, значит положительное ускорение (прирост абсолютного прироста уровней) больше, чем прирост среднего квадратического отклонения от тренда. Следовательно, отношение прироста уровней к среднему отклонению от тренда станет увеличиваться, то есть показатель K будет возрастать, что говорит о повышении устойчивости динамики, тренда. Если $O_c < 1$, значит колебания растут сильнее, чем прирост уровней, показатель устойчивости K будет снижаться.

Это общее положение, однако, требует конкретизации, так как числитель и знаменатель показателя O_c могут принимать как положительные, так и отрицательные значения. Следовательно, может иметь место восемь возможных сочетаний. Рассмотрим интерпретацию каждого из восьми возможных сочетаний:

$$1. c > 0; b_{S_y(t)} > 0; 2c > b_{S_y(t)}.$$

Прирост уровней ряда растет, колебания тоже растут, но медленнее, в результате K увеличивается, то есть возрастает устойчивость тенденции. Уточним, что при этом необязательно растут и уровни ряда, так как параметр b_y может быть и отрицательным, так что часть периода уровни ряда могут снижаться.

$$2. c > 0; b_{S_y(t)} > 0; 2c < b_{S_y(t)}.$$

Хотя прирост уровней возрастает (ускоряется), но колеблемость (волатильность) растет еще

быстрее, а значит, показатель устойчивости тенденции K снижается. Это менее благоприятный тип динамики, чем случай 1.

$$3. c > 0; b_{S_y(t)} < 0; 2c > b_{S_y(t)}.$$

Эта комбинация означает, что прирост уровней растет, а колеблемость (волатильность) снижается. Ясно, что при этом показатель устойчивости тенденции K возрастает.

4. $c > 0; b_{S_y(t)} < 0; 2c < b_{S_y(t)}$, - нереальная комбинация, третье неравенство противоречит двум первым.

5. $c < 0; b_{S_y(t)} > 0; 2c > b_{S_y(t)}$ - также нереальное сочетание по той же причине.

$$6. c < 0; b_{S_y(t)} > 0; 2c < b_{S_y(t)}, \text{ что очевидно.}$$

Это означает, что прирост уровней снижается, а колебания возрастают. Естественно, показатель устойчивости тенденции K уменьшается и за счет знаменателя, устойчивость падает, это самый неблагоприятный тип динамики производства с точки зрения его устойчивости.

$$7. c < 0; b_{S_y(t)} < 0; 2c > b_{S_y(t)}.$$

Отсюда следует, что прирост уровней сокращается, но медленнее, чем колеблемость (волатильность), так как неравенство $2c > b_{S_y(t)}$ понимается по алгебраической величине, а не по модулю, то есть, например, $c = -0,05$, а $b_{S_y(t)} = -0,13$, имеем: $2c = -0,1$, что больше, чем $-0,13$. В таком случае показатель устойчивости тенденции K будет возрастать, хотя уровни ряда либо тоже снижаются, либо растут с замедлением, так что для производства это не самый благоприятный тип динамики.

8. $c < 0; b_{S_y(t)} < 0; 2c < b_{S_y(t)}$ (также по алгебраической величине).

Прирост уровней снижается быстрее, чем колебания, показатель устойчивости K снижается, тип динамики неблагоприятный, хотя и нена столько сильно, как тип 6.

Итак, исключив два нереальных сочетания из восьми, получим при параболическом тренде шесть типов динамики устойчивости, из них типы 1 и 3 - благоприятны для производства; типы 2 и 7 - благоприятны в одном отношении, но неблагоприятны в другом; а типы 6 и 8 явно неблагоприятны с точки зрения устойчивости.

Еще раз оговорим, что для надежного определения всей предлагаемой системы показателей устойчивости, при параболическом тренде необходим достаточно длинный динамический ряд - не менее 20 уровней при едином типе тенденции. При более коротких рядах следует ограничиться показателями, не требующими оценки тенденции динамики колебаний $b_{S_y(t)}$ [3].

Еще более длинный ряд наблюдений понадобится для построения тренда третьего порядка и вычисления комплексного показателя устойчивости.

Известно, что параметр c в уравнении тренда является половиной ускорения изменения явления, а коэффициенты при переменных высших порядков теряют свой физический смысл. Так, если уравнение тренда имеет вид: $\tilde{y}_i = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3$, то коэффициент a_3 можно назвать третьей частью (так как в биноме Ньютона при третьей степени стоит уже коэффициент 3, а не 2) скорости ускорения. С повышением степени путаница и нагромождение слов будут и вовсе бессмысленными, а тренд будет все больше включать в себя колеблемость (волатильность), и значимость исследования упадет. Но как поступить, если имеется достаточно длинный временной ряд (40-50 уровней), и коэффициент достоверности аппроксимации, характеристика качественной стороны изменения явления свидетельствуют о явном преимуществе тренда третьего порядка над параболой? С нашей точки зрения, в некоторых случаях можно использовать уравнение третьего порядка, пожертвовав при этом еще одной степенью свободы (незначительная потеря для столь длинного временного ряда).

Однако для определения устойчивости тенденции данного вида нами предлагается видоизменить показатель O_c , заменив ускорение $2c$ средним ускорением $2\bar{c}$, найденным по базам скольжения длиной не менее 10 уровней. Имеем следующий показатель:

$$O_3 = \frac{2\bar{c}}{b_{S_y(t)}}. \quad (15)$$

Замена знаменателя, например на ускорение изменения отклонений $S_y(t)$, не представляется целесообразной. Строго говоря, отклонения от тренда должны представлять собой нормально распределенную случайную величину, и наличие тенденции в остатках (да еще и параболического типа) ставит под сомнение правильность нахождения тренда для самого показателя.

Во-вторых, использование ускорения в знаменателе привело бы к потере смысла и ценности получаемых результатов.

Интерпретация значений показателя O_3 относительно коэффициента устойчивости K аналогична интерпретации показателя O_c .

Для нелинейных трендов, на наш взгляд, целесообразно использовать и показатель, идентичный β - коэффициентам в уравнениях регрессии. Их смысл следует понимать так: на какую часть сигмы (колеблемости) изменилось бы значение устойчивости, если бы соответствующий параметр нелинейного тренда изменился на сигму (колеблемость), при постоянстве других параметров тренда. Этот показатель будет позволять оценить степень воздействия на устойчивость ряда динамики каждого параметра нелинейного тренда. В силу того что все показатели стандартизованы, значения их сравнимы между собой. Предлагаемый показатель схож с критерием устойчивости, но область его применения включает и нелинейные тренды, а также его можно использовать для сравнения стандартизованных показателей различных видов продукции.

В таблице представлена система статистических показателей устойчивости уровней и тенденции динамики производства.

Таблица

Система статистических показателей устойчивости уровней и тенденции динамики производства

Наименование показателя	Формула расчета
Абсолютные показатели	
Размах колеблемости	$R_y = \bar{y}_{\text{благ}} - \bar{y}_{\text{неблаг}}$
Среднее линейное отклонение	$d(t) = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - \tilde{y}_i }{n - p}$
Среднее квадратическое отклонение	$S_y(t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{n - p}}$
Среднее отклонение от уровня скользящих средних	$MA = \frac{\sum_{t=r+1}^{n-r} \left[\frac{x_t - x_{t-1}}{x_t} \right]}{n + 1 - m}$
Относительные показатели	
Индекс устойчивости уровней	$i_y = \frac{\bar{y}_{\text{благ}}}{\bar{y}_{\text{неблаг}}} = \frac{\bar{y}_b}{\bar{y}_n}$
Процентный размах	$R = W_M - W_m$
Среднее процентное изменение	$APC = \frac{\sum_{t=2}^n \left[\frac{X_t - X_{t-1}}{\max(X_t - X_{t-1})} \right]^2}{n - 1} \times 100$

Окончание таблицы

Наименование показателя	Формула расчета
Коэффициент линейной колеблемости	$V_y^d(t) = \frac{d_y(t)}{\bar{y}}$
Коэффициент колеблемости	$V_y(t) = \frac{S_y(t)}{\bar{y}}$
Коэффициент устойчивости роста	$K_p = \frac{12 \sum_{i=1}^n P_{ii} \times P_{yi}}{n^3 - n} - \frac{3(n+1)}{n-1}$
Индекс корреляции	$J_r = \sqrt{1 - \frac{(y_i - \tilde{y}_i)^2}{(y_i - \bar{y})^2}}$
«Критерий устойчивости»	$K = b \div S_y(t)$
Показатель опережения (для экспоненты)	$O_{k_2} = \frac{\bar{k}}{\bar{k}_{S_y(t)}}$
Показатель устойчивости ускорения (параболический тренд 2-го порядка)	$O_c = \frac{2c}{b_{S_y(t)}}$
Показатель устойчивости (для параболы 3-го порядка)	$O_3 = \frac{2\bar{c}}{b_{S_y(t)}}$
Стандартизованная сумма параметров	$\sum \beta = \frac{b}{S_{b(t)}} + \frac{c}{S_{c(t)}}$

Примечание: последние четыре относительных показателя можно рассчитать только после скользящего многократного аналитического выравнивания.

Результаты

1. Полученные нами результаты анализа синхронности и асинхронности колебаний производства зерна на душу населения могут использоваться в системе государственного регулирования агропродовольственного рынка для снижения риска нестабильности рынка продовольствия, продовольственной безопасности РФ.

2. На наш взгляд, методика и сам результат определения регионов с синхронными и асинхронными колебаниями производства продукции имеют несомненный интерес для коммерческих структур в поисках рынка сбыта и закупки сравнительно недорогого продовольствия. Немаловажное значение в итоге будут иметь результаты проведенного исследования для населения, проживающего как в регионах с дефицитным производством, так и избыточным.

3. Построена система статистических показателей устойчивости производства продукции, определяющая национальную продовольственную систему в режиме расширенного воспроизводства, а также способности национальной продовольственной системы минимизировать влияние погод-

ных и иных колебаний на снабжение продовольствием населения всех регионов страны.

4. Оптимизация торговли в условиях определения районов асинхронных колебаний производства основных продуктов питания, с решением транспортной задачи.

Литература

1. **Афанасьев В.Н.** Статистическое обеспечение проблемы устойчивости сельскохозяйственного производства. - М.: Финансы и статистика, 1996. - 320 с.
2. **Афанасьев В.Н., Ким И.В.** Агроэкономический анализ долговременного изучения климата и оптимизация структуры сельскохозяйственного производства на Южном Урале / Опыт и проблемы обеспечения продовольственной безопасности государства. Секция 2: АПК в системе продовольственной безопасности. Часть 11 / Материалы

межрегиональной науч.- практ. конф. - Екатеринбург: изд-во Урал. ГСХА, 1998. С. 41-46.

3. **Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М.** Анализ временных рядов и прогнозирование: Учебник. - М.: Финансы и статистика, 2001. - 228 с.

4. **Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М.** Коэффициент корреляции рангов как показатель устойчивости динамики // Вестник статистики. 1983. № 11.

5. **Каяйкина М.С.** Статистические методы изучения динамики урожайности (на примере совхозов Ленинградской области). - Л., 1969.

6. **Четвериков Н.С.** Статистические и стохастические исследования. - М.: Госстатиздат, 1963.

7. **Davidson R., MacKinnon J.G.** Econometric theory and methods. New York: Oxford University Press, 2004. - 693 p.

8. **Greene W.H.** Econometric analysis. Fifth edition. New York: Pearson Education International, 2003. - 1026 p.

9. **Offutt S., Blandford D.** A review of empirical techniques for the analysis of commodity instability. Cornell university agricultural economic research, 83-7, 1983.

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR STATISTICAL ANALYSIS OF FOOD SECURITY

Vladimir Afanasev

Author affiliation: Orenburg state university (Orenburg, Russia). E-mail: vafanassyev@gmail.com.

In this article is reviewed the methodology of statistical analysis of food security as a means of enabling quantitative and qualitative characteristics of the sustainability of the national food system. Whereas, the author focuses on two sides of it (out of five set out in the «Rome Declaration on World Food Security»): stability, meaning that the national food system develops in an extended reproduction mode; the ability of national food system to minimize the vulnerability to, and impact of, climate and other fluctuations of the food supply of the population in all regions of the country.

Sustainable production of basic foodstuffs within the borders of the Russian Federation can be evaluated by the results of the statistical analysis of coordination or asynchronous fluctuations in production by region of the Russian Federation, differences in the conditions of climatic characteristics in time and space. The author examines the dynamics of per capita grain production and its volatility for forty-four years in all regions, territories and republics of the Russian Federation, which, on one hand reflects the pattern in the sustainability of national food system, and, on the other hand, as applied to agriculture as a whole, reflects climatic variations. A system of statistical indicators to measure the level and dynamics of sustainable production in various forms of trends is proposed. Indicators of sustainability trends also indicate the presence of cycles (cycle stability).

Keywords: food security, sustainable production, statistical indicators of production sustainability, asynchronous production levels, cyclicity of dynamics.

JEL: Q11, Q54, C11, C18.

References

1. **Afanasev V.N.** *Statisticheskoye obespecheniye problemy ustoychivosti sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* [Statistical provision of the issue of agricultural production sustainability]. Moscow, Finance and Statistics Publ., 1996, 320 p. (In Russ.).
2. **Afanasev V.N., Kim I.V.** [Agroeconomic analysis of long-term climate studies and optimization of the structure of agricultural production in the Southern Urals]. *Materialy mezhrayonal'noy nauch.- prakt. konf. «Opyt i problemy obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti gosudarstva»* [Materials of the Interregional scientific-practical conference «Experience and issues of food security of the country»]. Ekaterinburg, Urals Publ., GSKHA, 1998, pp. 41-46. (In Russ.).
3. **Afanasev V.N., Yuzbashev M.M.** *Analiz vremennykh ryadov i prognozirovaniye: Uchebnik* [Time series analysis and forecasting: textbook]. Moscow, Finance and Statistics Publ., 2001, 228 p. (In Russ.).
4. **Afanasev V.N., Yuzbashev M.M.** Koeffitsiyent korrelyatsii rangov kak pokazatel' ustoychivosti dinamiki [Rank correlation coefficient as a measure of the stability of the dynamics]. *Vestnik statistiki*, 1983, no. 11. (In Russ.).
5. **Kayaykina M.S.** *Statisticheskiye metody izucheniya dinamiki urozhaynosti (na primere sovkhovov Leningradskoy oblasti)* [Statistical methods for studying the dynamics of productivity (case study state farms of the Leningrad region)]. Leningrad, 1969. (In Russ.).
6. **Chetverikov N.S.** *Statisticheskiye i stokhasticheskiye issledovaniya* [Statistical and stochastic studies]. Moscow, Gosstatizdat Publ., 1963. (In Russ.).
7. **Davidson R., MacKinnon J.G.** Econometric theory and methods. New York: Oxford University Press, 2004. - 693 p.
8. **Greene W.H.** Econometric analysis. Fifth edition. New York: Pearson Education International, 2003. - 1026 p.
9. **Offutt S., Blandford D.** A review of empirical techniques for the analysis of commodity instability. Cornell university agricultural economic research, 83-7, 1983.